

الفصل الثالث

الحامض النووي

DNA

الحامض النووي Deoxyribonucleic acid

حمض أو ديهيوكسي ريبونوكلييك (DNA)

- الحامض النووي DNA هو من أهم المواد الكيميائية الموجودة في الكائن الحي حيث يحمل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.
- الحامض النووي DNA هو المسئول عن جميع العمليات أو الأنشطة الحيوية والبيولوجية داخل الخلية.
- هو المسئول عن جميع عمليات تخليق البروتينات أو الأحماض الأمينية داخل الخلية.

نبذة تاريخية: Historical

- كان العالم فيشر Fischer عام ١٨٨٠م أول من حدد لو بين تركيب الحامض النووي DNA من البيرين purines والبيرميدين pyrimidine.
- ثم جاء العالم كوسيل Kossel وحدد أن البيرميدين pyrimidine يتكون من سيتوزين cytosine والثيامين thiamine والبيرين purines يتكون من الأدينين Adenine والجوانين guanine وقد أخذ جائزة نوبل على ذلك عام ١٩١٠م.
- ليفان Levene الروسي قد اكتشف النوكس زيهوز في الحامض النووي عام ١٩١٠م ووجود حامض الفوسفوريك.
- في عام ١٩٢١م اكتشف العالم فولجين Robert Feulgen تفاعل كيميائي يحدد وجود مادة DNA بواسطة اللون.
- في عام ١٩٥٣ استطاع كل من واطسن وكريك أن يقترح بأن DNA يوجد أغلبه في صورة حلزون مزدوج ذي خواص مميزة للغاية.
- في عام ١٩٦٧ استطاع العالم كورنبرج بأن يوضح DNA بأنه يخلق من حوالي ٦,٠٠٠ نيكليوتيد 6.000 nucleotides.

وجود Occurrence

- فيما عدا بعض الفيروسات جميع الكائنات الحية تحتوي على مادة DNA.
- تتمركز كل المادة الوراثية DNA في النواة المركزية في الخلية وخاصة في الكروموسومات في بعض الحالات توجد مادة DNA في الأجسام السباحية والبلاستيدات والجسم المركزي.

وحدة القياس DNA

تقاس كمية DNA بواسطة وحدات صغيرة تسمى بالبيكو جرام (pg) picogram

$$1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ grams}$$

- كمية DNA تكون ثلثة من خلية إلى خلية ومن نوع إلى آخر.
- كمية DNA في البرمائيات في النواة للضفدع ٧,٧٢ بيكو جرام.

شكله: Morphology

- (١) شكل shape جزء DNA في الخلايا ذات الانوية الحقيقية Eukaryotic تكون مثل الخيوط الممتدة المستقيمة والغير متفرعة وهو مزدوج شكل (٣-١).
- بينما جزء DNA في الخلايا بدالية النواة مثل بعض الفيروسات تكون دائرية الشكل.

الحجم: Size

- يختلف حجم جزء DNA من نوع لآخر فيبلغ حجم جزء في الأجسام السباحية حوالي ميكرومتر 5mm يبلغ حجم DNA جزء الفردي منه في البكتريا حوالي ١.٤ ملم طول 1.4 mm long

التركيب الكيميائي لجزء د ن أ

Chemical Composition of DNA

يتركب جزء DNA من وحدات عديدة ومتكررة تسمى بوليميرات وتسمى هذه الوحدات بنوكلوتهيدات Nucleatides ويحتوي كل نيكلوثيد على ثلاث أجزاء هي:

- (١) سكر خماسي يسمى بنتوز pentose وهذا السكر يعرف باسم دي أوكس ريبوز Deoxyribose.
- (٢) حمض الفوسفوريك Phosphoric
- (٣) قواعد نيتروجينية Nitrogen bases وتشمل هذه القواعد على نوعين هما:

أ- البيرميدين pyrimidines

هو مركب عضوي يحتوي على حلقة واحدة، ويوجد به نوعين من البيرميدين هما:

- الثيامين thymine - السيتوزين cytosine

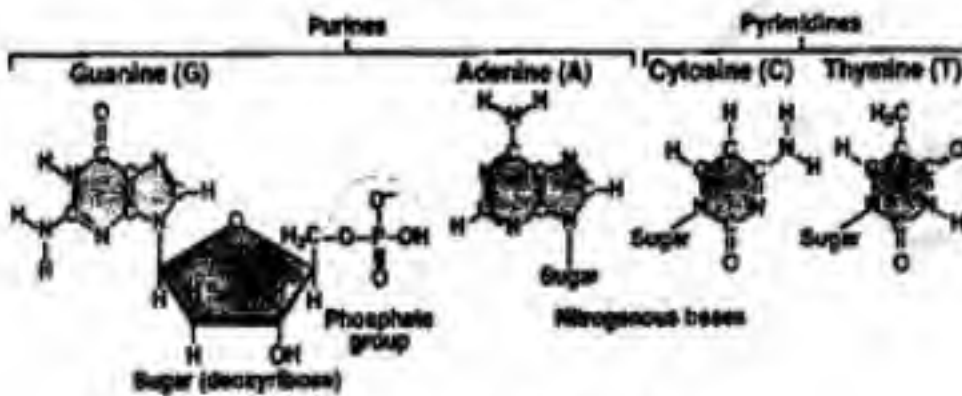
ب- البورين purines

- وهو مركب عضوي يحتوي على حلقتين ويوجد به نوعين من البورين هما:

- الأدينين Adenine - الجوانين Guanine



DNA bases



شكل رقم (١-٣)

التركيب الجزيئي لمادة د ن أ

Molecular Structure of DNA

- تتحد كل من البيورينات والبيريميديات أي القواعد النيتروجينية مع جزء السكر pentose بنتوز بواسطة روابط كيميائية بين ذرة كربون في الموقع ١ في السكر وذرة الكربون في الموقع ٩ في البيورين ويسمى هذا الاتحاد بين القواعد النيتروجينية والسكر بالنيكليوسيد Nucleoside.

- ثم يتحد جزء النيكليوسيد Nucleoside مع جزء من مجموعة الفوسفات phosphate group وتسمى حينئذ بالنيكليوتيد Nucleotides.

- النيكليوسيد + مجموعة واحدة من الفوسفات تعرف باسم نيكليوتيد. أحادي الفوسفات Deoxy Adenosine (nucleoside) monophosphate (d AMP) أو قد تتحد النيكليوسيد مع

مجموعتين من الفوسفات أو ثلاث حينئذ تسمى Adenosine Diphosphate ADP or ATP

Deoxy Adenosine Triphosphate (dATP)

Deoxy guanosine Triphosphate (dGTP)

Thymidine Triphosphate (TTP)

- يتركب جزء DNA من بوليميرات مكونة من وحدات متكررة من النيكليوتيد وهي كالآتي:

- مجموعة فوسفات تتحد مع ذرة الكربون رقم ٥ في السكر.

- تتحد ذرة الكربون رقم ٣ في السكر مع جزء النيكليوتيد الآخر عن طريق مجموعة الفوسفات الأخرى.

- وهكذا تستمر حلقات الاتصال بين كل مجموعة وأخرى حتى تكون سلسلة من جزء البوليمر.

- وهذه الروابط تعرف باسم روابط إستر تساهمية Covalent ester bonds

- أوضح وطسوم وكريك أن كل لفة للشريط المزدوج لجزء DNA يتكون من ١٠ نيكليوتيد ونصف

قطره الاسطوانى الحلزوني 20Å in diameter تجسروم وفى الطول 34Å in long.

- وتنظم المعلومات الوراثية على الشريط الحلزوني لجزء DNA بواسطة تتابع الأربعة قواعد

نيتروجينية على طول هذا الشريط.

- يرتبط شريطي جزء DNA Two polynucleotides strands مع بعضهما البعض بواسطة رابط

هيدروجينية بين كل من البيورينات والبيريميديات.

- وتكون هذه الرابطة بين الأدينين والثيامين ثلاثية الروابط الهيدروجينية وبين الجوانين والسيتوزين

ثلاثية الروابط الهيدروجينية.

- التركيب الجزيئي لمادة د ن أ DNA هي:

A = T Adenine - Thymine

G = C Guanine - cytosine

فتح وغلق جزء DNA Denaturation and Renaturation of DNA

- يرتبط شريطي جزء DNA الزوجي ببعضهما البعض بروابط هيدروجينية ضعيفة.
- إذا سخن محلول يحتوي على جزء DNA فإن هذا الجزء لا يظل مستقراً وقد يؤدي هذا لتفككه إلى فصل الشريطين عن بعضهما البعض وتسمى عملية انفصال هذه Melted or Denaturated.
- تتم عملية انفصال أيضاً بواسطة استخدام محلول قلوي قوي والذي يدخل في الروابط الهيدروجينية التي بينهما.
- أما إذا برد هذا المحلول لتساخن فإنه يتكون جزء DNA المزدوج الشريط ويسمى حينئذ باسم الغلق Renaturation.
- يتم أيضاً فتح الشريط المزدوج من جزء DNA بواسطة أيضاً بعض الأنزيمات النسخ Restriction enzymes بالإضافة جزء من النيكلوتيد إلى إحدى جانبي الشريط المزدوج بعد الفتح لتساعد في عملية النسخ كما يتم قتل أو أتعيم هذا الشريط أو غلقه بواسطة بعض الأنزيمات النسخ الربطة أو المتحدة ligase enzymes مثل T 4.

تتضاعف مادة أو جزء دي أوكسي ريبوز (د ن أ) Replication of DNA

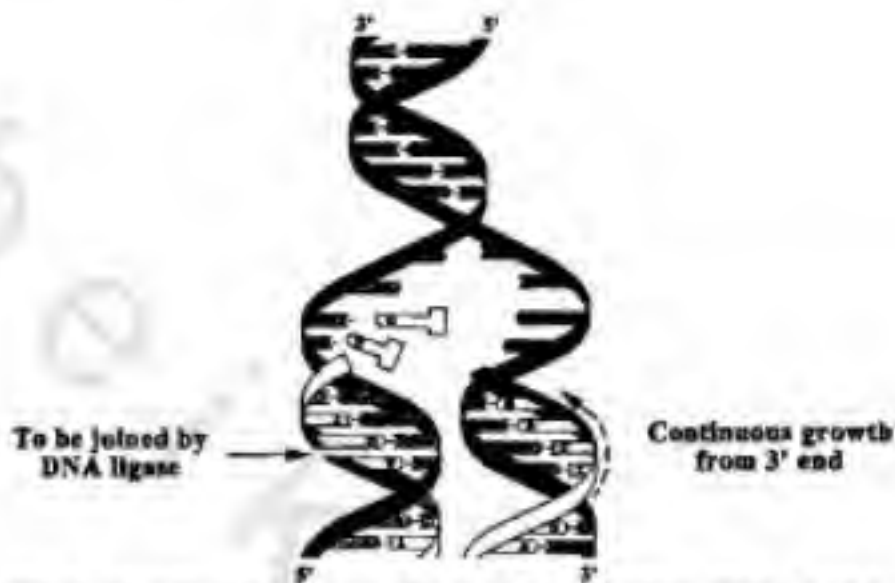
هناك نوعين من التضاعف هما:

- التضاعف غير ذاتي Hetero catalytic function وهما كما يحدث في توجيه جزء نحو تخليق مادة (RNA) ريبوزونيكلايز والبروتين.
- التضاعف الذاتي Autocatalytic function وهو توجيه نشاط جزء DNA في تخليق مادة أو جزء من DNA نفسه.

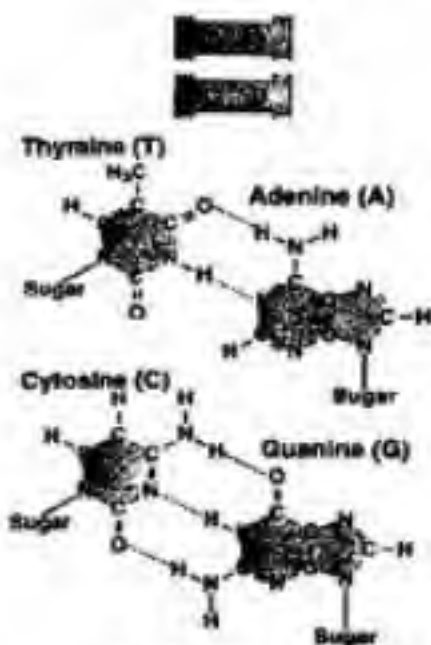
هناك ستة عوامل أساسية ضرورية في عملية التضاعف الذاتي لجزء DNA وهي:

- ١- تتم عملية التضاعف بواسطة طرق شبه ثابتة أو محافظة على طريقته معينة.
- ٢- تتم عملية التضاعف في اتجاه واحد ولكن غالباً تتم في اتجاهين.
- ٣- يتم التضاعف في نقطة معينة unique point أو المنظم origin أو أكثر من نقطة.
- ٤- يتم التضاعف في كلا الشريطين بواسطة إضافة نيكلوتيد أحادي النيكلوتيد monomers في اتجاه ٥' إلى ٣' من ذرات الكربون.

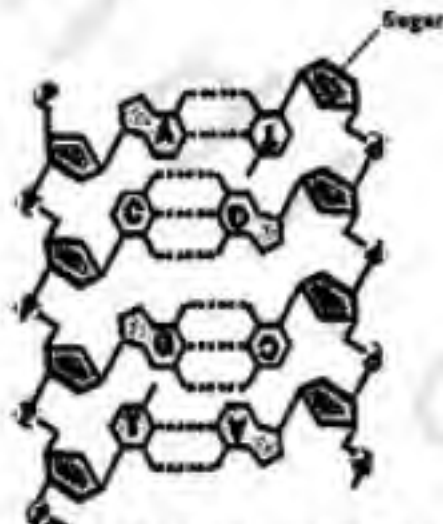
- ٥- يحدث هذا التناسخ كجزء قصير أو صغير غير مستمر وذلك بأن يتكون جزء صغير قصير ثم يتحد فيما بعد مع الجزء الرئيسي للجزء DNA.
- ٦- جزء صغير من RNA ضروري لعملية تنشيط جزء DNA البوليمر للاستعانة شكل (٢-٣)



The Discontinuous Model for DNA Replication. This Model is Most Widely Accepted and Supported One.



DNA Base Pairs



A segment of DNA Molecule Showing Arrangements of Different Components
(P = phosphate, A = Adenine
T = Thymine, G = Guanine
and C = Cytosine)

شكل رقم (٢-٣)

الطريقة النصف أو شبه محافظة لتتضاعف مادة DNA The Semi-conservative of DNA Replication

- تتطلب هذه الطريقة تتضاعف مادة DNA واستمراريتها للحفاظ على نقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.
 - حسب اقتراح واطسن وكريك بأن إحدى الشريط المزدوج من مادة DNA بوليمير يعمل كوسادة template لتخليق الشريط الآخر المكمل للشريط الأصلي old strand وتخليق الشريط الجديد .
 - فإذا حدث تتضاعف الشريط المزدوج الأصلي فإنه ينتج شريطين أصليين وآخرين جديدين في الجيل الأول.
 - وفي حالة تتضاعف أفراد الجيل الثاني فإنه ينتج عنه اثنين من الجيل الأصلي القديم وستة لشريطة من أفراد الجيل الجديد أي الإجمالي ثمانية لشريطة أي ستة لشريطة Daughter molecules واثنين أصليين.
- شكل (3-3)
- ويمكن تحديد هذه الشريطة الجديدة بواسطة استخدام مواد مشعة لنقله التحديد مثل ن¹⁵ (15N).
 - (14N) ن¹⁴ مع استخدام مادة كلوريد السيزيم cesium chloride (C s cl) لفصل مادة DNA بواسطة الطرد المركزي حسب طريقة ماثيو وفرنكلين (1958).

توجيه جزء DNA للتتضاعف Direction of DNA Replication

- قد أوضحت أحسن التجارب العلمية لتوجيه جزء DNA للتتضاعف بواسطة العالم كارينز Cairns عام 1963 مستخدماً تشييع كروموسومات *E. coli* (كولاي) في عملية التتضاعف. فقد وضع شرشياً كولاي (*E. coli*) في وسط غذائي لنمو في وجود المادة المشعة ثيمائين 3H-Thymidine لمدة نصف ساعة وذلك لتشخيص شريط DNA بالمادة المشعة.
- وقد ترك جزء DNA لفترات متعددة في المادة المشعة والوسط الغذائي لبحث عملية التتضاعف فوجد أنها ضعف لكمية الأصلية من DNA.
- اقترح كارينز إذا انفصل جزء جديد New molecules من الجزء الأصلي فإن الجزء الجديد الملتزم من الأصلي يلتف حول نفسه أو نهايته ويربط بين طرفيه مكوناً دائرتين Two circles.
- ويكون اتجاه وحركة هذه الجزئيات وتتضاعفها تبدأ أساساً من نقطة معينة origin.
- اقترح كارينز أن التتضاعف الشوكي Replication fork يخرج أو يبدأ من النقطة في اتجاه واحد.

- في بعض الأحيان يكون هناك تثنائي التماسخ الشوكي Replication fork كما في نشرشيا كولاى حيث أن لها اتجاهين DNA is Bidirectional.

- عند تقابل تثنائي التماسخ الشوكي مع بعضهما البعض فإنه ينتج كروموسومات بنوية Daughter chromosomes كل واحد ينتج عنه شريط من جزء DNA الجديد المخلق والشريط الآخر من القديم.

4- إضافة جزء من النيكلوتيد Addition of nucleotide monomers

- ميكانيكية الأنزيمات المساعدة أو أنزيمات التماسخ هي المسئولة عن عملية تخليق الأشرطة الجديدة لجزئي DNA ولا يمكن للأشرطة أو سلسلة DNA من النمو والتناسخ بدون أنزيمات التماسخ.

ويكون التماسخ في إضافة النيكلوتيد على أساس:

- إضافة النيكلوتيد monomers للأشرطة DNA تحدث في نهاية ذرة الكربون ٥' في سلسلة التماسخ لمادة DNA.

- عدم التماثل للأشرطة DNA في أن يكون أحدهما مختلف عن الآخر أثناء عملية التماسخ. يمكن تحديد و معرفة عملية التماسخ بواسطة التحليل الأنزيمي أو الكيميائي وثانياً بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني.

- وحد أن حجم الفاج لنذا DNA (λ) للشريط الواحد تغير متماثل يقاس بأنه ٠,٤٠ ميكروميتر (٠,٤ Mm) والتي تعادل ١٠٠٠ زوج من القواعد (1000 base - pairs).

- وهناك نوعان من الأشرطة في الميتوكوندريا للحيوان أحدهما شريط خفيف ل L-strand وينتج عندما تنكسر الرابطة الهيدروجينية التي تربط جزء DNA أثناء عملية التماسخ والآخر شريط ثقيل H-strand

- عند إضافة قطعه أو جزء النيكلوتيد وأثناء عملية التماسخ فإن الشريط الجديد ل L-strand يتحد مع المكمل له L-strand من جزء DNA المزدوج الأصلي. ودائما ينشأ الشريط ل (L) الخفيف ثم يتواءم الشريط الثقيل (H).

- تكون الإضافة في اتجاه واحد من ذرة الكربون ٥' إلى نهاية ٣' لسلسلة جزء DNA.

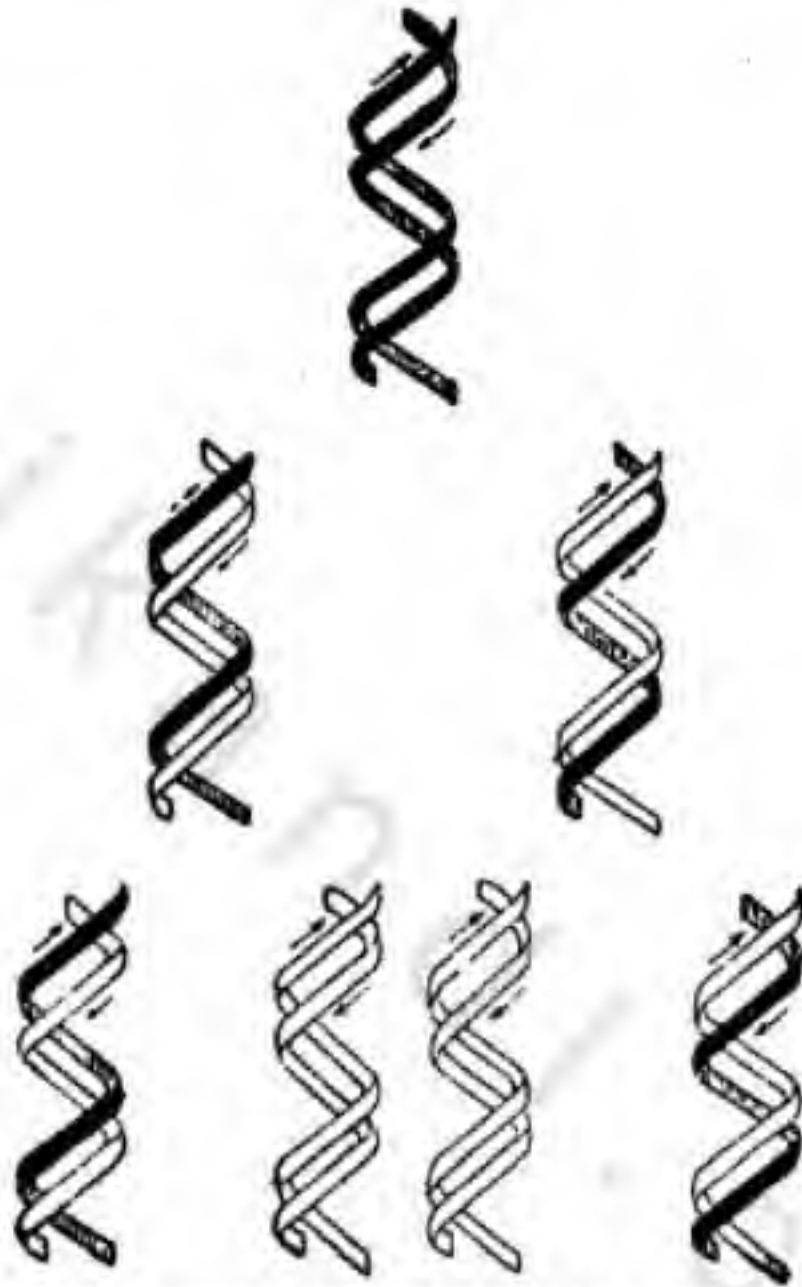


Diagram interpreting the experiment of Meselson and Stahl (1958) to show the semi-conservative method of DNA replication. **Above**—Parent DNA molecule with both strands labeled with N^{15} ; **Middle**—First generation shows the daughter molecules (in white) synthesized in a medium containing N^{15} (Note that the DNA molecules are hybrids of N^{15} —and N^{14} DNA strands); **Below**—At the second generation two molecules are hybrids and two are not.

شكل رقم (٣-٣)

تخليق القطع الصغيرة من DNA Synthesis of Short Pieces

- استطاع أوكازاكا عام ١٩٦٨-١٩٧١ من توضيح أن تخليق جزء DNA يكون في صورة قطع صغيرة والتي فيما بعد تدخل في جزيئات السلسلة الطويلة من DNA.
- وفي نمو الشرشيا كولاي في الأوساط الغذائية قد أضيفت بعض المعجلات أو المحفزات المعلمة أو المبيلة precursor label والتي وجدت هذه الجزيئات المعلمة في جزء DNA وتسمى هذه لجزيئات بجزيئات التتبع أو جزيئات أو قطع أوكازاكا Okazaki fragments replication fragments
- وأن هناك بعض الأنزيمات الضرورية والتي تؤدي إلى فرد سلسلة DNA أو اتحاد القطعة القصيرة من النيكلوتيد مع شريط.
- وتتسخ قطع أوكازاكا يبدأ بإضافة هذه للقطع (نيكلوتيد) في سلسلة DNA في الاتجاه ذرة الكربون ٥' إلى ٣' وأحدث هذه الإضافات للنيكلوتيد تكون في نهاية ذرة ٣' لكل سلسلة من شريطي DNA المزدوج.

اتحاد القطع الصغيرة Linking of Short Pieces

- يقوم بعملية اتحاد قطع أو أجزاء DNA مع بعضها البعض أو مع سلسلة جزء DNA البوليومر أنزيم الربط DNA ligase.

تنشيط عملية التسخ بواسطة بدائيات RNA Initiation of Replication by RNA Primer

- العالم كورنميرج وأوكازاكا عام ١٩٧٠ وضع أهمية بدائيات RNA للتخليق جزء DNA. وقد أوضح أن جزيئات RNA الموجودة تكون من بعض الأنزيمات النووية والتي تضاف إلى نهاية ذرة ٣' والذي يرتبط برابطه تساهمية أو تكافؤية covalently bonded لموقع رقم ٥.

Unwinding the double helix

- بعض البروتينات لابد من وجودها لتسهيل عملية اكتمال (مقلني الاضطراب) جزئ DNA في المرحلة المتقدمة للتسخ الشوكي replicating fork دون ازدواج لشريطي جزء DNA.
- وأول البروتينات الضرورية الخاصة بفتح DNA في عم أحدث حازونيه أو لتفاف جزء DNA هو البروتين الخاص الذي يعطى ٣٢ جين في البكتريا شرشيا كولاي فاج (gene e in E. coli phage T4).

- هذا البروتين له القدرة على تحويل ثنائي الشريط من جزء DNA (Duplex DNA) إلى أحادي الشريط single strand عند درجة حرارة 40°م وقد لايجد الحلزون المزدوج على الانشطار.
- هناك رابطة قوية Tight binding بين البروتين والشريط الأحادي من DNA.
- رابطة ضعيفة little binding بين البروتين وثنائي شريط DNA (Duplex DNA)
- يتعد البروتين الخاص بالتنسخ بعدم الازدواجية Unwinding protein مع A-T لنين - ثيامين وينتج حرارة تكفي لاكتمال التفاعل والربط بينهما، وأيضاً يتحد مع مجموعة الفوسفات والسكر الأساسية في تكوين جزيء DNA.

- والشكل المتطاول من جزيء البروتين الخاص يسمح باتحاد أو الربط بقوة مع عشرة أجزاء من نيكلوئيد المفردة، وذلك لأن تفاعل جزيء البروتين - مع البروتين لإحدى شريط DNA يكون أفضل وأسرع وبالتالي فإن اتحاد جزيئات البروتين مع بعضهما البعض أفضل من تفاعله مع القاعدة الأساسية لجزيء DNA دون فتحها ويسمى التفاعل باسم التعاون المتبادل.

- ليس فقط البروتين الخاص بعدم الازدواجية يقوم بفتح ازدواجية جزيء DNA (Duplex) إلى أحادي الشريط single-strand ولكن أيضاً يقوم بتسهيل تعلق أو التصاق القواعد النيتروجينية بين الشريط الأحادي لجزيء DNA أثناء التنسخ. أى أنه بمجرد أن ينشطر الحلزون المزدوج ليكشف عن خيوطه المفردة يرتبط على الفور جزيء من بروتين الفك ذي الخيوط المفردة، وتتقدم بروتينات إضافية ترتبط بكفاءة أعلى من الأولى (في ظاهرة تعرف باسم التعاون المتبادل) لتصبح وبسرعة أحادية الخيط المفرد مستقرة عن طريق غلاف بروتينات الفك.

- يعتقد أن بروتين الفك د ن أ مسئول عن جعل الانشطار الحلزون المزدوج متقدماً عن ملتقى للنسخ.
- يكون جزيئا واحدا من بروتين الفك بطول يسمح بتنطيه 8 نيكلوئيد من DNA بمعنى أن بروتينات الفك 100 الموجودة في كل خلية تستطيع أن تثبت أطوالاً أساسية لكل من ملتقى التنسخ.

وهناك عدة أنواع من الأنزيمات هي:

- أنزيم فك DNA وفك البروتين.
- من الواضح أن تنسخ د ن أ يتطلب أن يفك الجزء النووي المزدوج حتى تكون القواعد النيتروجينية الداخلية معرضة للأنزيمات التنسخ. ويبدو أن نشاط الفك في الاثرشيا كولاي يتم بواسطة بروتين التنسخ والذي يسمى بـ ATP الالينوزين ثلاثي الفوسفات في حين يحفز حلزون على الانشطار.

- وبمجرد الاشتطار تصبح الخيوط المفردة المعرضة مثبتة بواسطة بروتين آخر هو البروتين الخاص بك دن.أ.

- هناك بروتينات أخرى تشترك في التقلص مثل:

- إنزيم الاسترخاء (البروتين w) والذي يعتقد انه يتخلص من اللغاف فوق الحلزوني الكبيرة والمعد المتولدة في كروموسوم دثري مزدوج أثناء عملية الفك استعدادا للتكاثر.

- إنزيمات الاستطالة (البلمرة) وهذه مهمة لفرد واستطالة الشريط الفردي لـ دن.أ. وهذه الأنزيم يسمى بإنزيم البلمرة III ويلزم أثناء الاستطالة استمرار عملية الفك للحلزون واستقرارا لحاجة الاشتطار بواسطة بروتينات الفك.

- إنزيم الاسترخاء وهو الذي يعمل على إزالة اللغاف الناتجة ويتحاشى التشابك الكروموسومي.

أنزيمات النيكلوبيز Nuclease enzyme

هذه الأنزيمات تقوم بتحليل وكسر سلسلة النيكلوتيدات إلى مركبات أو قطع من النيكلوتيدات حيث ترتبط بروابط ثنائية الفسفورية 3', 5' phosphodiester bonds

وتهاجم هذه الأنزيمات نهاية الموقع 3' أو 5' في هذه الارتباطات وهناك نوعان من هذه الأنزيمات:

(١) أنزيم إكسونيكليز Exonuclease enzyme

والتي مهاجم قطرف الحر من النيكلوتيد والذي يبدأ في نهاية الموقع الحر 3' (OH-) من النيكلوتيد والذي يكسر أو يؤثر على الرابطة المتصلة بنهاية الموقع 3'-OH الرابطة الفسفورية الثنائية phosphodiester back bone أو أنها تبدأ في التأثير على نهاية الموقع 5'-pend وتهاجم النيكلوتيد في اتجاه 5' - 3'

(٢) أنزيم إندونيكليز Endonuclease enzyme

- وهو الأنزيم الذي يهاجم طرف واحد من طرفي رابطة ثنائي الفوسفور phosphodiester linkages والذي يهاجم الروابط الداخلية لسلسلة النيكلوتيدات.

- إذا كانت سلسلة النيكلوتيد هذه فرادية فإن الأنزيم يقطع السلسلة إلى قطعين.
البلمرة دن أ في الأوساط الخلقية

In vitro D/A polymerization

تتطلب عدة جزئيات من المواد العضوية وتكون ضرورية للتفاعل وهي:

- نوكسي نيكلوسيد ثلاثي الفوسفات Deoxynucleoside Triphosphate

وهي متشابهة تماما بنيكليوتيدات أحادية الفوسفات

Deoxynucleotide monophosphate (d AMP, d CMP, d GMP)

وبإضافة جزئين من مجموعة الفوسفات إليها ينتج (d ATP, d CTP, d GTP) نيكليوتيدات ثلاثية الفوسفات.

- عديدة النيكليوتيدات مع نهاية 3'-OH

Polynucleotide chains with 3'-OH ends

وعدد من أشرطة DNA تسمى أساسيات الأشرطة Primer strands

- شريط الطبع أو القالب Template strands

جميع النشاطات الهامة لبوليمر د ن أ تحتوي على صفات خاصة وهي إضافة نيكليوتيدات إلى الشريط البدائي أو الأصلي primer strands

- في حالة البلمرة في الأوساط الغذائية ألفا (ب) فوسفات لنيكلوسيد ثلاثي الفوسفات يكون ٣١، ٥١ رابطة ثلاثية فوسفورية مع مجموعة حرة من 3'-OH أثناء نمو سلسلة النيكليوتيد.

وجزئ البيروفسفاتيز (P ~ P) فهو تلقائيا ينتج عن طاقة عالية "high bond" (-) energy" or بمعنى أنه عند تحلل البيروفسفاتيز ينتج عنه جزئين من الفوسفات مع تحرير طاقة والذي يؤدي إلى استكمال البلمرة لـ د ن أ.

وتكون دائما الإضافة في اتجاه ٥' - ٣' وموقع الإضافة في نهاية الموقع ٣'

ومما سبق يتضح أن تناسخ د ن أ يتطلب الآتي:

- أنزيمات لفك الحلزون المزدوج.

- تخليق خيوط البلاء الأولى.

- أنزيمات للاستطالة وتتطلب أنزيم البلمرة III والذي يعمل مع أنزيمات أخرى. ويلزم أن يسبق عملية الاستطالة فكاً مستمرا للحزون واستقراراً لحالة الانشطار بواسطة بروتينات لفك.

- أنزيم الاسترخاء والذي يعمل على إزالة اللفاف الناتجة ويتعاضد بالتشبيك الكروموسومي.

- تقايل تخليق قطع والالتحام الذي ينتج بأنزيم البلمرة د ن أ ١ والليجيز ل د ن أ وأنزيمات أخرى لتصحيح وتلحم معا قطع أوكزازكي المنطقة بجهز التناسخ.

حمض ريبيونيكلك أسد (ر.ن. أ) Ribonucleic acid (RNA)

معظم الخلايا ذات الأنوية البدائية والحقيقية تحتوي على حامض نووي غير DNA ويسمى RNA حمض ريبيونيكلك أسد (ر.ن. أ).

في بعض الفيروسات لا تحتوي على المادة الوراثية DNA ولكن تحتوي فقط على RNA وبذلك يكون هناك ريبيونيكلك وراثي مثل DNA ولغير وراثي وبذلك ينقسم RNA (ر.ن. أ) إلى قسمين:
أحدهما:

Genetic RNA
Non Genetic RNA

أ (حمض ريبيونيكلك وراثي
ب) حمض ريبيونيكلك غير وراثي

أ (حمض ريبيونيكلك الوراثي Genetic RNA

- يوجد هذا النوع من الحامض الوراثي في كثير من الأنواع الفيروسية النباتية وأنواع فيروسية حيوانية مثل فيروس الأنفلونزا، وفيروسات القم والقلم وغيرها من الفيروسات الحيوانية.

- يتكون هذا الحامض من عدد من النيكلوتيدات حوالي 4 تسمى ribonucleotides ذلك واحدة نيكلوتيد تحتوي على سكر (ribose) ومجموعة الفوسفات وقاعدة نيتروجينية.

- القاعدة النيتروجينية هي الأدينين - الجوانين (البورين) - السيتوزين - اليوراسيل (البيريميدين) توجد أربعة صور من النيكلوتيد سابقة في المسائل النووي وكن بصورة ريبيونيككوسيد ثلاثي الفوسفات

Triphosphates of ribonucleosides

مثل أوتيوزين ثلاثي الفوسفات

Guanosine Triphosphate (GTP), Adenosine triphosphate (ATP) cytidine Triphosphate (CTP) and uridine Triphosphate (UTP).

Molecular structure of RNA

تركيب جزيي ر ن أ

- يتكون الشريط الفردي من ر ن أ والموجود في النواة على أساس أنه مادة وراثية في فيروسات النبات والحيوان. من عديد من النيكلوتيدات polynucleotides والذي يحتوى على عدد كبير من ريبيونيككوتيد.

- يرتبط الريبوز + حمض الفوسفوريك في النيكلوتيد بواسطة روابط ثنائية الفوسفات phosidester bonds.

ب) حمض ريبونيكك غير وراثي Non Genetic RNA

وهذا النوع من الحامض النووي موجود في الخلايا حقيقية النواة وهو ليس المادة الوراثية في الخلية ولكن من الأساسيات في تكوين الأنواع المختلفة للبروتينات

تتاسخ ريبونيكك الوراثي Replication of genetic RNA

- تتاسخ RNA الوراثي للفيروسات نباتية أو الحيوانية يكون ذاتيا Self - replication

ويسمى ريبونيكك أساسي وريبونيكك مخلق RNA-dependent RNA synthesis

- وظيفة ريبونيكك الفيروس يعمل على أنه ريبونيكك مسافر as a messenger RNA والذي يكون

مصحبا أو عاملا مع الجهاز الريبوسومي في الخلية وفي تخليق كل من

البروتينات البلمرة للريبونيكك RNA polymerase enzyme والضروري في تخليق RNA

والبروتين الخاص بتغليف الفيروس.

- ويعمل فيروس RNA على أساس أنه قالب أو طابع Template في تخليق سلسلة ريبونيكك المتعص

أو المكمل لتكوين شريطين من ريبونيكك أي تضاعف.

- قد ترتبط سلسلة RNA مع أخرى من DNA ويعمل RNA في نسخة المعلومات الوراثية وترجمتها.

مقارنة بين كل من مادة DNA و RNA

الرقم	الفرق	DNA	RNA
١.	المكان	غالباً في النواة	غالباً في السيتوبلازم والبعض في النواة موجود في النوية
٢.	الشكل	ثنائي الأشرطة حلزونية	أحادي الأشرطة وليس حلزونياً
٣.	فوسفات	حمض الفوسفوريك	حمض الفوسفوريك
٤.	بريميديات	ثيامين ، سيتوزين	سيتوزين ، يوراسيل
٥.	بيرين	أدينين ، جوانين	أدينين ، جوانين
٦.	الأهمية	تتعب دوراً هاماً في التحكم الوراثي والطفرات الوراثية والتحكم في معظم العمليات الحيوية في معظم العمليات الحيوية بالخلية	تكون مادة وراثية كما في بعض الفيروسات. وتكون مادة غير وراثية في الحيوانات واللقاريات العليا وتعمل على الهيمنة في تكوين البروتين في الخلية
٧.	السكر	٢- ديزوكس ريبوز	الريبوز
٨.	الاتحاد بين كل من السكر + الفوسفات + القواعد النيتروجينية	هذا الاتحاد واحد في كل منهما	الاتحاد واحد
٩.	التركيب الجزيئي	A-T G-C	A-C G-U